

DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2019.25.S1.012

羌塘盆地逆冲推覆构造特征及油气资源效应

季长军^{1,2,3}, 吴珍汉⁴, 刘志伟⁴, 赵 珍⁴

- (1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;
2. 国土资源部古地磁与古构造重建重点实验室, 北京 100081;
3. 中国地质科学院页岩油气调查评价重点实验室, 北京 100081;
4. 中国地质科学院, 北京 100037)

摘要: 羌塘盆地南羌塘坳陷地表古油藏作为了解盆地石油地质条件的良好窗口, 经过多年来对古油藏详细解剖, 通过详细的地表构造填图、二维地震和地质浅钻综合揭示了盆地存在大量的逆冲推覆构造。古油藏为盆地自北向南逆冲推覆至地表的大型构造岩席, 主要表现为中生代海相地层推覆至晚白垩—中新世湖湘红层之上, 古油藏含油层位是中侏罗布曲组砂糖状含油白云岩。针对古油藏石油地质条件解剖表明逆冲推覆构造虽然破坏了上坪油气藏, 但是该构造活动不但能够使地层增厚利于有效烃源岩二次生烃, 并对下坪地层有效遮挡封盖, 同时构造活动有利于优质白云岩储集层和构造圈闭的形成, 为二次成藏创造了良好的生储盖时空匹配关系, 有利于逆冲推覆型油气藏的形成。

关键词: 逆冲推覆构造; 古油藏; 含油白云岩; 侏罗系; 羌塘盆地; 青藏高原
中图分类号: P618.13 **文献标识码:** A

STRUCTURAL FEATURES OF THRUST NAPPE IN THE QIANGTANG BASIN AND HYDROCARBON RESOURCES EFFECT

Ji Changjun^{1,2,3}, Wu Zhenhan⁴, Liu Zhiwei⁴, Zhao Zhen⁴

- (1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;
2. Key Laboratory of Paleomagnetism and Tectonic Reconstruction, Ministry of Natural Resources, Beijing 100081, China;
3. Key Lab of Shale Oil and Gas Geological Survey, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;
4. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: As a good chance to understand the petroleum geological conditions of the basin, the paleo-oil reservoir in the south Qiangtang depression of the Qiangtang basin has been researched in detail for many years, and a large number of thrust nappe structures are revealed through detailed structural mapping, 2D seismic and geological shallow drilling. The paleo-oil reservoir is a large tectonic bed where the basin overthrust to the surface from north to south. It is mainly manifested in Mesozoic Marine strata overlying the late cretaceous-miocene lacustrine red beds, and the middle Jurassic oil-bearing dolomite is the main high quality reservoir of the paleo-oil reservoir. Analysis of the petroleum geological conditions of the

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目 (DD20160161)

作者简介: 季长军 (1986-), 男, 博士, 助理研究员, 从事石油地质和沉积地质方向的研究工作。E-mail: jichangjun2007@sina.com

引用格式: 季长军, 吴珍汉, 刘志伟, 等. 羌塘盆地逆冲推覆构造特征及油气资源效应 [J]. 地质力学学报, 2019, 25 (S1): 066-071 DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2019.25.S1.012

Ji Changjun, Wu Zhenhan, Liu Zhiwei, et al. Structural features of thrust nappes in the Qiangtang basin and hydrocarbon resources effect [J]. Journal of Geomechanics, 2019, 25 (S1): 066-071 DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2019.25.S1.012

paleo-oil reservoirs show that although thrust nappe structure destroys hanging wall anticline reservoirs, it makes stratum thickening, beneficial to the secondary hydrocarbon generation in effective source rocks and the effective shield and seal for the footwall flat. At the same time, it is conducive to the formation of high-quality dolomite reservoirs and structural traps, creating a good spatial-temporal matching relationship between generation, reservoir and cover for secondary accumulation, and contributing to the formation of thrust nappe type reservoirs.

Key words: thrust nappe structure; paleo-oil reservoir; oil - bearing dolomite; Jurassic; Qiangtang basin; Tibetan plateau

羌塘盆地南羌塘坳陷地表出露长 100 km, 宽 40 km 的古油藏带^[1], 证实盆地存在大规模的油气生成、运移和聚集过程, 同时也意味盆地遭受过强烈的构造改造过程, 该过程对于羌塘盆地油气保存条件至关重要^[2-4]。因此, 部分学者提出在古油藏暴露区寻找保存条件较好的区域实施地质浅钻工程, 有望获得青藏高原海相含油气盆地第一桶油。近年来, 通过详细的野外构造地质填图、二位地震和地质浅钻施工, 揭示了盆地存在大规模的逆冲推覆构造, 地表古油藏是该构造活动的产物, 且逆冲推覆规模大、距离远, 南羌塘坳陷古油藏仅是逆冲推覆至地表的构造岩席, 其可以作为了了解盆地石油地质条件的窗口。

1 逆冲推覆构造特征

羌塘盆地地表油气显示以隆鄂尼—昂达尔错最为显著, 形成了长达 100 km 以上的隆鄂尼—昂

达尔错古油藏带 (图 1)。隆鄂尼—昂达尔错古油藏分布区线性构造以东西向展布为主^[5-6], 尤其是逆冲推覆面, 指示构造运动方向以南北向为主, 在毕洛错东部通过一条南北向地质路线剖面揭示逆冲推覆构造样式。在接近中央隆起带处, 中侏罗统布曲组地层自北向南逆冲推覆至阿布山组红层之上 (图 2a); 在扎日阿巴地区, 索瓦组地层逆冲推覆至阿布山组红层之上, 同时在其南部出露阿布山组红层构造窗, 构造窗上局部可以看到侏罗系地层残片漂浮在红层之上, 形成小型飞来峰; 在索日卡地区, 可以看到索日卡古油藏带自北向南逆冲至白垩系阿布山组红层之上 (图 2b); 在毕洛错北缘, 可见大量的中侏罗统布曲组碳酸盐台地相灰岩或含油白云岩飞来峰, 底部为阿布山组红层, 以此在下侏罗统曲色组毕洛错油页岩之上存在多个索瓦组飞来峰, 并且油页岩自北向南逆冲至阿布山组红层至上, 其南部存在一个大型阿布山组红层构造窗, 红层构造窗上存在少量的侏

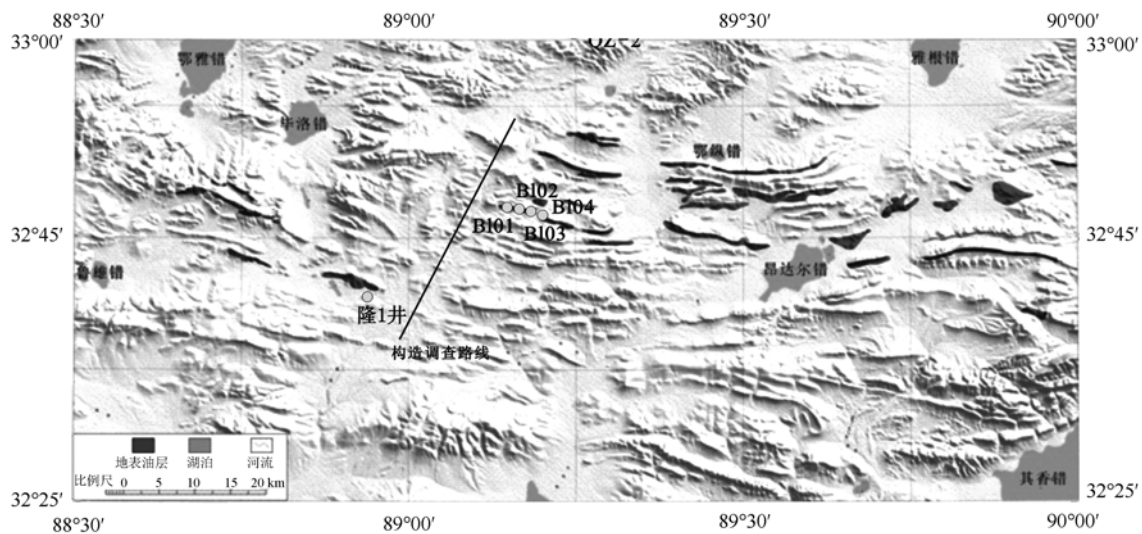
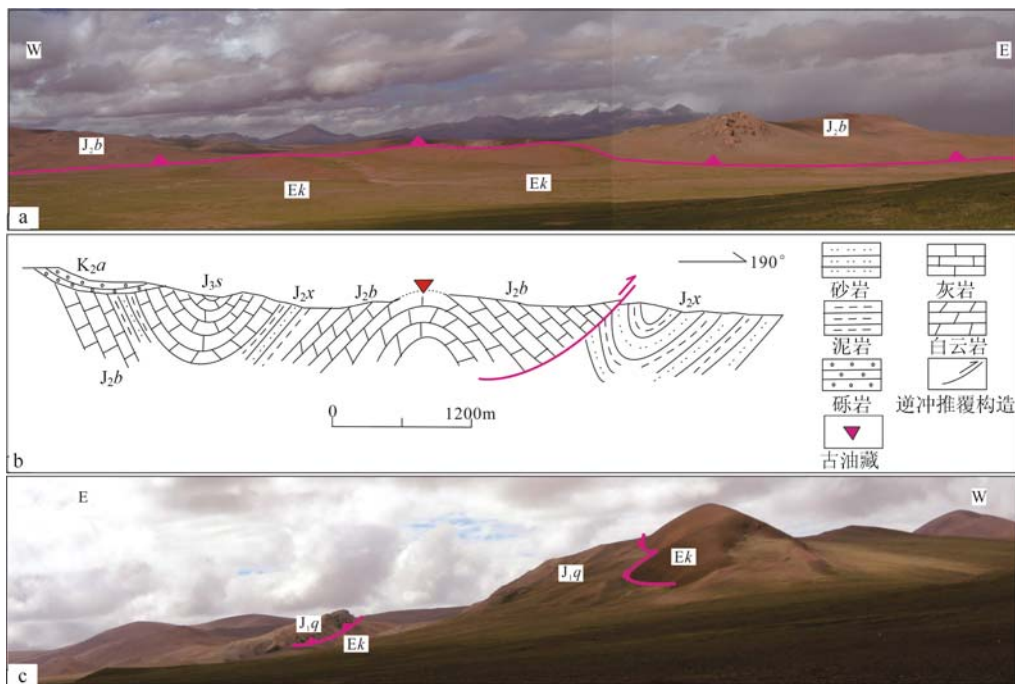


图 1 羌塘盆地古油藏分布图

Fig. 1 Distribution of oil reservoirs in the Qiangtang Basin



J_{1q}—下侏罗统曲色组；J_{2b}—中侏罗统布曲组；J_{2x}—中侏罗统夏里组；J_{3s}—上侏罗统索瓦组；
K_{2a}—白垩系阿布山组；Ek—古近系康拓组

图2 羌塘盆地地表逆冲推覆构造特征

Fig. 2 Characteristics of overthrust nappe in the Qiangtang basin

罗系碳酸盐岩岩片(图2c)。总之,古油藏分布区为一套侏罗系地层岩席,自北向南逆冲至白垩系阿布山组红层至上。在隆鄂尼—昂达尔错古油藏分布区多口地质浅钻钻穿侏罗系地层,钻遇下部上白垩统阿布山组红层,它们成为揭示古油藏为逆冲推覆岩席最为直接有效的证据。在隆鄂尼地区,笔者及团队部署实施的隆1井,钻穿浅部100余米第四系,直接进入中侏罗统布曲组碳酸盐岩地层,局部钻遇几套薄层含油白云岩,布曲组地层厚度300多米结束后,钻遇上白垩统阿布山组地层,岩性主要为红色砾岩,局部夹两套红色泥岩,完井深度1006 m;在毕洛错地区,大庆油田部署实施4口(BL01、BL02、BL03和BL04)油页岩地质浅钻,其中两口钻穿下侏罗统曲色组地层,钻遇上白垩统阿布山组红层;在昂达尔错地区,成都地质矿产研究所部署实施羌资2井(QZ-2)在完井前钻遇一套红层。无论是地表资料,还是深部二维地震和地质浅钻资料皆显示古油藏是逆冲推覆构造将布曲组含油层推覆至地表破坏形成的。

2 逆冲推覆构造与油气关系

根据构造运动、圈闭形成时间、流体包裹体

测温、镜质体反射率和有机质热解峰温及盆地模拟综合分析资料,西藏羌塘盆地中生界烃源岩在侏罗纪末和古近系有两次生排烃高峰,油气有两期成藏及两个关键时刻(图3)。第一个是在侏罗纪末—早白垩世早期,是主要的关键时刻;第二个是在古近系沉积之后^[7]。羌塘盆地发育有众多的逆冲推覆构造,这为油气运移提供了通道。

根据对盆地内中侏罗统布曲组含油气系统地质要素与事件的分析,油气系统的基本要素在空间上配置良好,而且各种成油作用在时间上的配合关系也比较好。布曲组中生物礁、颗粒浅滩相发育,此外,同生期和早成岩期形成的部分白云岩,都具有良好物性,可以形成岩性圈闭;晚侏罗世末期—早白垩世早期羌塘盆地构造活动,在构造热液作用下布曲组储集层进一步得到改造,形成粗晶白云岩,物性得到优化,成为优质砂糖状白云岩储集层^[8],同时构造活动产生大量的构造圈闭,此时毕洛错油页岩岩系烃源岩同时进入生烃高峰期,储集层—圈闭形成和生烃高峰期的同步进行,构造断裂为油气运移提供了良好的通道,有利于布曲组油气成藏。晚白垩世羌塘盆地由于构造运动产生大量逆冲推覆构造^[9-12],对早

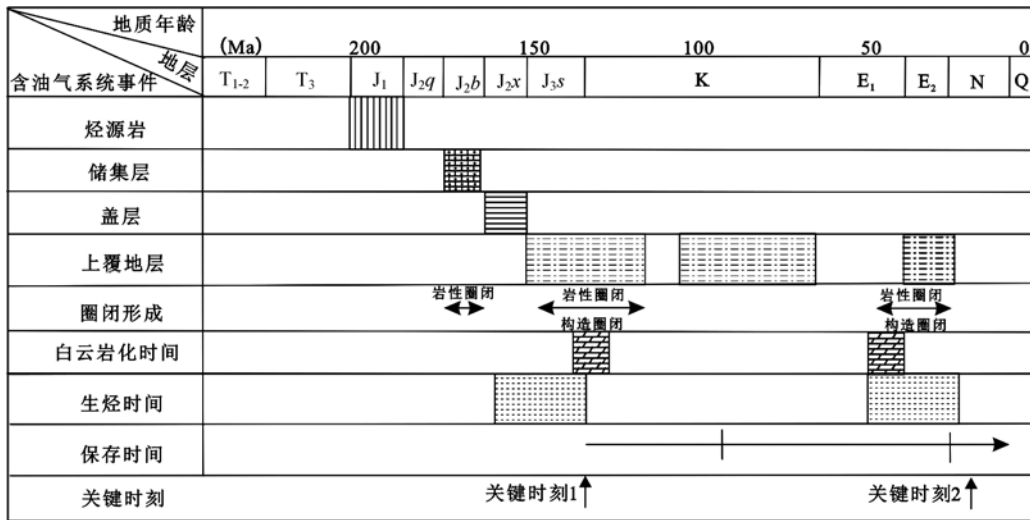


图 3 羌塘盆地侏罗系成藏事件图

Fig. 3 Jurassic hydrocarbon accumulation events in the Qiangtang Basin

期油气藏产生破坏, 部分油气藏推覆至地表剥蚀暴露形成古油藏, 如隆鄂尼—昂达尔错古油藏带; 另外一部分油藏通过调整经逆冲推覆构造滑脱面运移至逆冲推覆构造形成的圈闭中聚集并被构造上坪遮挡保存。此外, 该期逆冲推覆构造活动可以形成大量良好的构造圈闭, 而构造活动伴随热液能够进一步改造布曲组储集层; 20 Ma 左右毕洛错油页岩在此进入生烃高峰期, 二次排烃顺利进入早期形成的圈闭中, 中侏罗统布曲组第二次成藏^[13~14]。虽然新生代盆地由于构造活动产生系列断裂, 尤其是第四纪北东向地堑, 但研究表明其切割较浅, 未发现延断裂分布的油气显示, 泉水水化学特征同样显示地层封闭性较好。因此, 羌塘盆地中侏罗统布曲组含油气系统勘探具有较好的前景, 尤其是逆冲推覆型油气藏。

3 羌塘盆地油气勘探新思路

根据近年来的区域地质调查资料以及对南羌塘坳陷开展的地表调查、二位地震和地质浅钻勘探工作, 目前已经明确, 南羌塘坳陷南部地表发现的含油层见于侏罗系中统布曲组, 含油岩性为晶粒白云岩。这些地表油层可能是地下油层的自然延伸或者是受构造活动抬升至地表所致。参考国内外油气田的发现历史, 可以认为, 地表见有油泉、油砂是地下存在油藏的最直接的证据, 中国的勘探实践更是证明了这一点, 如地表的干油泉的发现为中国第一个油田—玉门油田提供了重

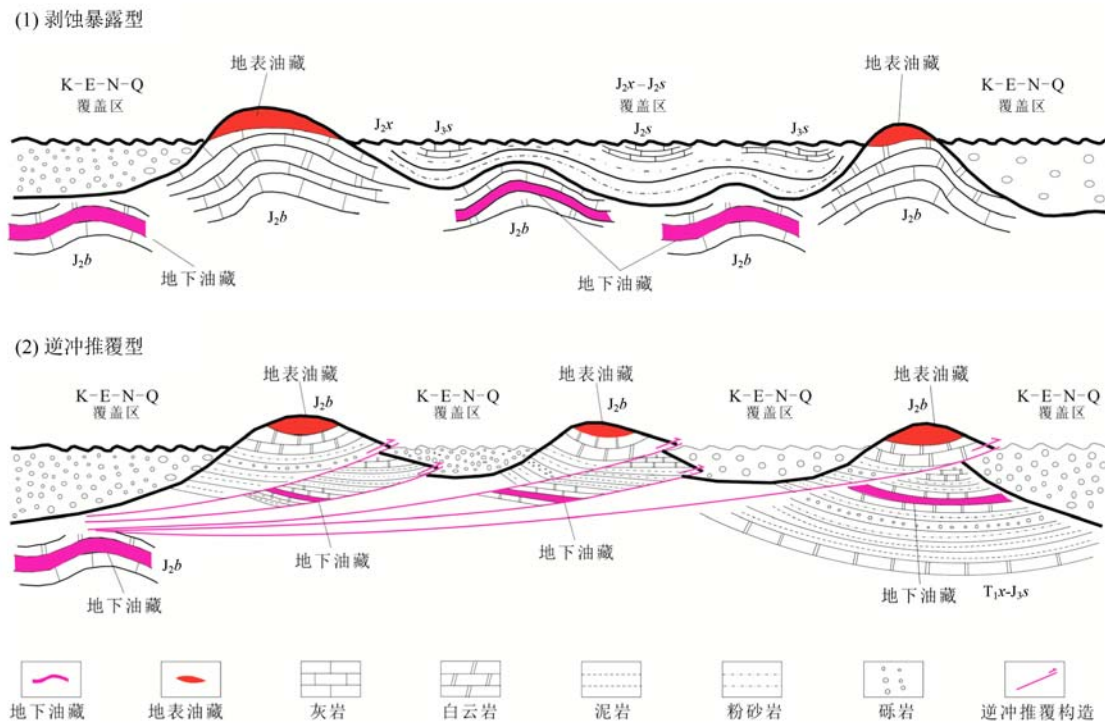
要的线索, 通过黑油山油苗点发现了拉玛依油田。再有, 柴达木盆地油砂山的勘探模式, 可以提供一个借鉴, 这里地表同样有含油层的暴露, 但在断层下盘出现尕斯库勒油田。

隆鄂尼—昂达尔错地区地表含油层的调查, 可以为了解地下油层的分布提供了一个窗口, 直接从地表观察入手, 了解这一地区的储油层位、成藏组合特点以及控制因素。

燕山晚期构造运动结束了本区大规模沉降沉积史, 也在整体上结束了本区中、上侏罗统布曲组、夏里组及索瓦组中的有机质的热演化史。同时, 燕山晚期构造运动使中生界及以下地层发生褶皱和断裂变动, 形成了油气的各种类型圈闭。隆鄂尼、昂达尔错等背斜圈闭就是这次构造运动产物。侏罗系各组地层中的有机质, 在燕山晚期已进入成熟及高成熟阶段, 这个时期正是布曲组及布曲组中有机质向烃类大量转化的高峰期。

喜山期青藏高原的全面隆升, 对在燕山晚期形成的侏罗系地层圈闭进行不同程度的改造及破坏, 它造成部分油气藏隆升至地表而发生暴露, 在南羌塘坳陷地表形成广泛分布的油砂层, 原始油藏遭到破坏。综合最近几年来的野外调查、钻探工程和地球物理勘查的成果, 羌塘盆地古油藏破坏样式主要有以下两种样式^[15], 并存在不同的勘探思路, 而获得青藏高原海相地层第一桶油尤其需要重视逆冲推覆构造油气藏 (图 4)。

(1) 剥蚀暴露型: 布曲组白云岩是主要储油层, 但布曲组背斜油气藏的顶界面高度有所不同;



J_1q —下侏罗统曲色组; J_2b —中侏罗统布曲组; J_2x —中侏罗统夏里组; J_3s —上侏罗统索瓦组; K_2a —白垩系阿布山组;
 Ek —古近系康拓组, $K-E-N-Q$ —白垩—新生代上覆盖层; J_2x-J_3s —侏罗直接盖层

图4 羌塘盆地古油藏形成模式图

Fig. 4 A model of the formation of ancient oil reservoirs in the Qiangtang Basin

在盆地面总体隆升的背景下,高幅背斜的油气藏暴露地表,但在夏里组、索瓦组以及白垩系—第四系覆盖区,同一个背斜系列中的低幅背斜油气藏仍然得以保存。

(2) 逆冲推覆型:根据最近几年吴珍汉等^[9-10]对南羌塘拗陷构造的研究,发现了一大批逆冲推覆构造,其中最明显的标志是侏罗系自北向南逆冲推覆于古近纪地层之上,形成了规模大小不等的构造岩片;根据双湖至扎加藏布一线的地质填图,至少识别出了10条逆冲断层;另外,钻探工作也发现毕错油页岩分布区南缘之下存在一套康托组红色砂砾岩;这些地质事实说明,南羌塘拗陷的构造活动对油气保存有重要影响。参考国内油气田对盆地边缘逆冲推覆带与油气藏成藏关系的研究成果^[16-17],一般推覆体上盘油气藏大多暴露,地表见古油藏,但在断裂下盘往往是油气保存区。

4 结论

(1) 无论是通过地表构造填图,还是深部二

维地质和地质浅钻均揭示羌塘盆地存在大规模的逆冲推覆构造,逆冲推覆构造方向主要是自北向南,多期次相互叠加,南羌塘拗陷主要表现为中生代海相地层直接逆冲至晚白垩—中新世湖湘红层沉积物之上,形成薄层岩席、飞来峰和构造窗等特殊的地质体。

(2) 南羌塘拗陷广泛分布的中侏罗系含油白云岩古油藏是晚白垩纪—中新世早期逆冲推覆构造的产物,基于差异性构造隆升模式建立的就矿找矿勘探思路很难在羌塘盆地获取第一桶油,有必要重新审视前期勘探部署,重视逆冲推覆型油气藏勘探模式

(3) 逆冲推覆构造对早期形成油气藏具有调整作用,一方面推覆体上坪油气藏易于推覆至地表破坏逸散,另外一方面逆冲推覆构造可以创造二次生烃和二次成藏条件,在这种双向机制下,羌塘盆地油气勘探无疑更加复杂化,需充分认识复杂性。

参考文献/References

[1] 王成善,伊海生,刘池洋,等. 西藏羌塘盆地古油藏发现及

- 其意义 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25 (2): 139-143.
- WANG Chengshan, YI Haisheng, LIU Chiyang, et al. Discovery of paleo-oil-reservoir in Qiangtang basin in Tibet and its geological significance [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25 (2): 139-143. (in Chinese with English abstract)
- [2] 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 青藏高原羌塘盆地石油地质 [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 23-25, 356-367
- ZHAO Zhengzhang, LI Yongtie, YE Hefei, et al. Petroleum geology of Qiangtang Basin in Tibet [M]. Beijing: Science Press, 2000: 23-25, 356-367 (in Chinese)
- [3] 高瑞祺, 赵政璋. 中国油气新区勘探 (第六卷) 青藏高原石油地质 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- GAO Ruiqi, ZHAO Zhengzhang. The frontier petroleum exploration in China: Volume 6: petroleum geology of Qinghai-Tibet Plateau [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001. (in Chinese)
- [4] 王剑, 丁俊, 王成善, 等. 青藏高原油气资源战略选区调查与评价 [M]. 北京: 地质出版社, 2009: 322-334.
- WANG Jian, DING Jun, WANG Chengshan, et al. Discussion on the investigation and evaluation of strategic petroleum area in Qinghai-Tibet [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009: 227-270. (in Chinese)
- [5] 黄继钧. 羌塘盆地性质及构造演化 [J]. 地质力学学报, 2000, 6 (4): 58-66.
- HUANG Jijun. Nature of the Qiangtang basin and its tectonic evolution [J]. Journal of Geomechanics, 2000, 6 (4): 58-66. (in Chinese with English abstract)
- [6] 黄继钧, 李亚林. 羌塘盆地构造应力场初步分析 [J]. 地质力学学报, 2006, 12 (3): 363-370.
- HUANG Jijun, LI Yalin. Analysis of the structural stress field of the Qiangtang basin [J]. Journal of Geomechanics, 2006, 12 (3): 363-370. (in Chinese with English abstract)
- [7] 伍新和, 王成善, 伊海生, 等. 西藏羌塘盆地中生界烃源岩探讨 [J]. 西北地质, 2005, 38 (4): 78-85.
- WU Xinhe, WANG Chengshan, YI Haisheng, et al. Discussion on Mesozoic source rock of Qiangtang basin in Tibet [J]. Northwestern Geology, 2005, 38 (4): 78-85. (in Chinese with English abstract)
- [8] 伊海生, 陈志勇, 季长军, 等. 羌塘盆地南部地区布曲组砂糖状白云岩埋藏成因的新证据 [J]. 岩石学报, 2014, 30 (3): 737-746.
- YI Haisheng, CHEN Zhiyong, JI Changjun, et al. New evidence for deep burial origin of sucrosic dolomites from Middle Jurassic Buqu Formation in southern Qiangtang basin [J]. Acta Petrologica Sinica, 2014, 30 (3): 737-746. (in Chinese with English abstract)
- [9] 吴珍汉, 刘志伟, 赵珍, 等. 羌塘盆地隆鄂尼—昂达尔错古油藏逆冲推覆构造隆升 [J]. 地质学报, 2016, 90 (4): 615-627.
- WU Zhenhan, LIU Zhiwei, ZHAO Zhen, et al. Thrust and Uplift of the Lung'er mi Angdarco Paleo Oil Reservoirs in the Qiangtang Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2016, 90 (4): 615-627. (in Chinese with English abstract)
- [10] WU Z H, HU D G, YE P S, et al. Thrusting of the North Lhasa Block in the Tibetan Plateau [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78 (1): 246-259.
- [11] YIN A, HARRISON T M. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogeny [J]. Annual Reviews of Earth and Planet Science Letters, 2000, 28: 211-280.
- [12] 李亚林, 王成善, 伊海生, 等. 西藏北部新生代大型逆冲推覆构造与唐古拉山的隆起 [J]. 地质学报, 2006, 80 (8): 1118-1130, 1234.
- LI Y L, WANG C S, YI H S, et al. Cenozoic thrust system and Uplifting of the Tanggula Mountain, Northern Tibet [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80 (8): 1118-1130, 1234. (in Chinese with English abstract)
- [13] 伍新和, 王成善, 伊海生, 等. 西藏羌塘盆地烃源岩古油藏带及其油气勘探远景 [J]. 石油学报, 2005, 26 (1): 13-17.
- WU Xinhe, WANG Chengshan, YI Haisheng, et al. Fossil-reservoir of hydrocarbon rock in Qiangtang Basin of Tibet and exploration perspective of oil and gas [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 26 (1): 13-17. (in Chinese with English abstract)
- [14] JI C J, XIA G Q, YI H S, et al. Aromatic Hydrocarbons in the Biluo Co Oil Shale of the Shuanghu Area, Northern Tibetan Plateau, and Their Implications [J]. Oil Shale, 2014, 31 (4): 351-364.
- [15] 季长军. 南羌塘坳陷油藏带生物标志化合物特征及油源对比研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2015.
- JI Changjun. Biomarker characteristics and oil-source correlation research of the reservoirs in southern Qiangtang depression [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2015. (in Chinese with English abstract)
- [16] 关德师, 牛嘉玉, 郭丽娜, 等. 中国非常规油气地质 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1995: 207-214.
- GUAN Deshi, NIU Jiayu, GUO Lina, et al. China's unconventional oil and gas geology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995: 207-214. (in Chinese)
- [17] 康玉柱, 王宗秀, 周新桂, 等. 中国非常规油气地质学 [M]. 北京: 地质出版社, 2011.
- KANG Yuzhu, WANG Zongxiu, ZHOU Xingui, et al. Analysis on control of tectonic system to petroleum in the Qaidam Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011. (in Chinese)